

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-165231

(43)Date of publication of application : 24.06.1997

(51)Int.Cl.

C03C 17/34

(21)Application number : 07-330498

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 19.12.1995

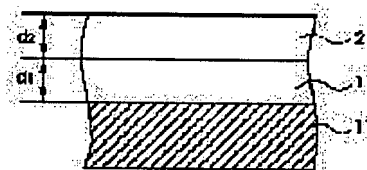
(72)Inventor : BARETSUTO RITSUPII  
ISHIKAWA HIROICHI

## (54) REFLECTION REDUCING FILM

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a reflection reducing film having a high electroconductivity and a high degree of antireflection even it wide frequency bands.

**SOLUTION:** This reflection reducing film is constituted of two adjacent layers of a first layer 1 and a second layer 2 counted from a supporting layer 11 in a reflection reducing film coated on the supporting layer 11. The first layer 1 consists of a light absorbing material and the second layer 2 consists of e.g. SiO<sub>2</sub>. When  $\lambda_v$  is a shorter wave length and  $\lambda_r$  is a longer wave length in arbitrary chosen two wave lengths,  $n_v$  is a refractive index and  $k_v$  is an extinction coefficient of the wave length in the first layer 1,  $n_r$  is a refractive index and  $k_r$  is an extinction coefficient at the wave length  $\lambda_r$  and  $r = \lambda_r / \lambda_v$ ,  $n_r$  and  $k_r$  satisfy  $n_{rc}-1 < n_r < n_{rc}+1$  or  $k_{rc}-1 < k_r < k_{rc}+1$ , where  $n_{rc}$  and  $k_{rc}$  are approximate values of relations expressed by  $n_{rc} = f(n_v, k_v, r)$  or  $k_{rc} = g(n_v, k_v, r)$ .



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-165231

(43)公開日 平成9年(1997)6月24日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

C 0 3 C 17/34

識別記号

片内整理番号

F I

C 0 3 C 17/34

技術表示箇所

Z

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平7-330498

(22)出願日 平成7年(1995)12月19日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 バレット リッピー

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72)発明者 石川 博一

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

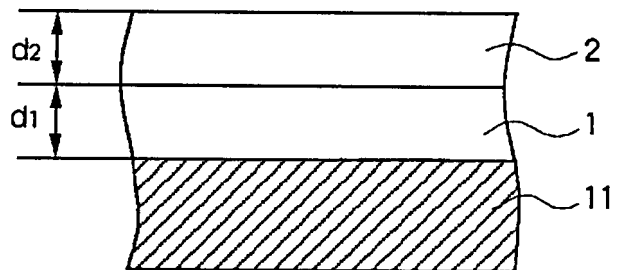
(74)代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54)【発明の名称】 反射防止膜

(57)【要約】

【課題】 導電性が高く、広い周波数帯域においても反射防止率が高い反射防止膜を提供する。

【解決手段】 支持層11に被着される反射防止膜において、支持層11に近い方から第1の層1と第2の層2の2つの隣り合う層から構成され、第1の層1は光を吸収する材料から成り、第2の層2は例えば $\text{SiO}_2$ から成るとともに、任意に選出した2つの波長の短波長側を波長 $\lambda_v$ 、長波長側を波長 $\lambda_r$ とし、第1の層1の波長 $\lambda_v$ における屈折率を $n_v$ 、消衰係数を $k_v$ とし、上記波長 $\lambda_r$ での屈折率を屈折率 $n_r$ 、消衰係数を $k_r$ とし、 $\lambda_r/\lambda_v$ を $r$ とするとき、 $n_r$ 及び $k_r$ は、 $n_{rc}-1 < n_r < n_{rc}+1$ あるいは $k_{rc}-1 < k_r < k_{rc}+1$ を満たす。但し、 $n_{rc}$ 及び $k_{rc}$ は、 $n_{rc}=f(n_v, k_v, r)$ あるいは $k_{rc}=g(n_v, k_v, r)$ の関係を近似して得られる値である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 支持層に被着される反射防止膜において、

上記支持層に近い方から第1の層と第2の層の2つの隣り合う層から構成され、上記第1の層は光を吸収する材料から成り、上記第2の層は屈折率が1.4乃至1.5である材料から成るとともに、

任意に選出した2つの波長の短波長側を波長 $\lambda_v$ 、長波長側を波長 $\lambda_r$ とし、

上記第1の層の波長 $\lambda_v$ における屈折率を $n_v$ 、消衰係数を $k_v$ とし、上記波長 $\lambda_r$ における屈折率を屈折率 $n_r$ 、消衰係数を $k_r$ とし、上記波長 $\lambda_v$ に対する上記波長 $\lambda_r$ の比を $r$ とするとき、

$n_r$ 及び $k_r$ は、以下の関係を満たすことを特徴とする反射防止膜。

$$n_{rc} - 1 < n_r < n_{rc} + 1$$

$$k_{rc} - 1 < k_r < k_{rc} + 1$$

但し、 $n_{rc}$ 及び $k_{rc}$ は、上記 $r$ の値に依存するとともに、 $n_{rc} = f(n_v, k_v, r)$ あるいは $k_{rc} = g(n_v, k_v, r)$ の関係を近似して得られる値である。

【請求項2】 上記 $n_{rc}$ 及び $k_{rc}$ の値を求める近似式は、以下の式であることを特徴とする請求項1記載の反射防止膜。

$$n_{rc} = -0.00642 n_v^2 + 1.66878 n_v + 0.02786 k_v^2 + 0.83206 k_v + 0.15426 r^2 - 0.85276 r - 0.01964 n_v k_v - 0.58109 n_v r - 0.93386 k_v r + 0.66289$$

$$k_{rc} = 0.0496972 n_v^2 - 2.07664 n_v + 0.00896 k_v^2 + 1.3025 k_v - 3.44187 r^2 + 7.11118 r - 0.03678 n_v k_v + 1.95241 n_v r - 0.22876 k_v r - 3.69482$$

【請求項3】 上記 $n_r$ 及び $k_r$ は、以下の関係を満たすことを特徴とする請求項1記載の反射防止膜。

$$n_{rc} - 0.5 < n_r < n_{rc} + 0.5$$

$$k_{rc} - 0.5 < k_r < k_{rc} + 0.5$$

【請求項4】 上記第2の層は、二酸化珪素から成ることを特徴とする請求項1記載の反射防止膜。

【請求項5】 上記第1の層は、プラスチック性の支持層に被着されることを特徴とする請求項1記載の反射防止膜。

【請求項6】 上記第1の層は、ガラスで構成される支持層に被着されることを特徴とする請求項1記載の反射防止膜。

【請求項7】 上記第1の層は、導電性の材料から成ることを特徴とする請求項1記載の反射防止膜。

【請求項8】 上記第1の層は、チタンの窒化物、ジルコニウムの窒化物、チタンの窒化物とジルコニウムの窒化物との混合物の少なくとも1つで構成されることを特徴とする請求項1記載の反射防止膜。

【請求項9】 上記第1の層は、チタンの酸窒化物、ジルコニウムの酸窒化物、チタンの酸窒化物及びジルコニウムの酸窒化物の混合物の少なくとも1つで構成される

ことを特徴とする請求項1記載の反射防止膜。

【請求項10】 上記第1の層は、不純物含有のチタンの窒化物、不純物含有のチタンの酸窒化物、不純物含有のジルコニウムの窒化物、不純物含有のジルコニウムの酸窒化物、これら材料の混合物の少なくとも1つで構成されることを特徴とする請求項1記載の反射防止膜。

【請求項11】 上記第1の層は、上記不純物としてタングステンが混合されたチタンの窒化物から成ることを特徴とする請求項10記載の反射防止膜。

【請求項12】 上記第1の層は、上記不純物として0.1乃至1.1原子パーセントのタングステンが混合されたチタンの窒化物から成ることを特徴とする請求項11記載の反射防止膜。

【請求項13】 上記第1の層は、純粋な金属片を用いてドーパントにするとともに、このドーパントをターゲットより離してプラズマ中に配置するスパッタ法により蒸着されることを特徴とする請求項10記載の反射防止膜。

【請求項14】 支持層に被着される反射防止膜において、

偶数の層から成り、上記支持層に近い方から第1の層、第2の層…とすると、

奇数番目の層は、光を吸収する材料から構成され、

偶数番目の層は、屈折率が1.4乃至1.5である材料から構成されるとともに、

任意に選出した2つの波長の短波長側を波長 $\lambda_v$ 、長波長側を波長 $\lambda_r$ とし、

上記奇数番目の層の波長 $\lambda_v$ における屈折率を $n_v$ 、消衰係数を $k_v$ とし、上記波長 $\lambda_r$ における屈折率を屈折率 $n_r$ 、消衰係数を $k_r$ とし、上記波長 $\lambda_v$ に対する上記波長 $\lambda_r$ の比を $r$ とするとき、

$n_r$ 及び $k_r$ は、以下の関係を満たすことを特徴とする反射防止膜。

$$n_{rc} - 1 < n_r < n_{rc} + 1$$

$$k_{rc} - 1 < k_r < k_{rc} + 1$$

但し、 $n_{rc}$ 及び $k_{rc}$ は、上記 $r$ の値に依存するとともに、 $n_{rc} = f(n_v, k_v, r)$ あるいは $k_{rc} = g(n_v, k_v, r)$ の関係を近似して得られる値である。

【請求項15】 上記 $n_{rc}$ 及び $k_{rc}$ の値を求める近似式は、以下の式であることを特徴とする請求項14記載の反射防止膜。

$$n_{rc} = -0.00642 n_v^2 + 1.66878 n_v + 0.02786 k_v^2 + 0.83206 k_v + 0.15426 r^2 - 0.85276 r - 0.01964 n_v k_v - 0.58109 n_v r - 0.93386 k_v r + 0.66289$$

$$k_{rc} = 0.0496972 n_v^2 - 2.07664 n_v + 0.00896 k_v^2 + 1.3025 k_v - 3.44187 r^2 + 7.11118 r - 0.03678 n_v k_v + 1.95241 n_v r - 0.22876 k_v r - 3.69482$$

【請求項16】 4つの層から構成されることを特徴とする請求項14記載の反射防止膜。

【請求項17】 上記偶数番目の層は、二酸化珪素から

構成されることを特徴とする請求項14記載の反射防止膜。

【請求項18】 上記奇数番目の層は、導電性の材料から構成されることを特徴とする請求項14記載の反射防止膜。

【請求項19】 上記奇数番目の層は、チタンの窒化物、ジルコニウムの窒化物、チタンの窒化物とジルコニウムの窒化物との混合物の少なくとも1つで構成されることを特徴とする請求項14記載の反射防止膜。

【請求項20】 上記奇数番目の層は、チタンの酸窒化物、ジルコニウムの酸窒化物、チタンの酸窒化物及びジルコニウムの酸窒化物の混合物の少なくとも1つで構成されることを特徴とする請求項14記載の反射防止膜。

【請求項21】 上記奇数番目の層は、不純物含有のチタンの窒化物、不純物含有のチタンの酸窒化物、不純物含有のジルコニウムの窒化物、不純物含有のジルコニウムの酸窒化物、これら材料の混合物の少なくとも1つで構成されることを特徴とする請求項14記載の反射防止膜。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、支持層に被着され、静電気や電磁波等の反射を防止する反射防止膜に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、反射防止膜は、例えば空気とガラスとの光学的境界面における屈折率を減少させることが好ましかったり、また、その必要がある光学や電気光学の分野で広く使われている。これらの応用分野としては、カメラのレンズ、コピー機械のプラテン（原稿台）、機器用のカバーガラス、陰極線管いわゆるCRT（cathode-ray tube）用パネル、その他の表示装置等がある。

【0003】各種の応用分野で使われる光学的な薄膜コーティングには、マグネシウムフッ化物から成る膜等の単一層コーティングや、1つの波長領域における屈折率を最小にする2層のコーティングや、比較的広い波長領域例えば可視光領域の範囲にわたって低い屈折率を生じる多層の広帯域コーティング等がある。ここで、上記2層のコーティングについて説明する。

【0004】先ず、米国特許第4422721号に開示された2層膜で構成される反射防止膜（以下、反射防止膜A）は、少なくとも1つの低屈折率の材料から成る層例えばマグネシウムフッ化物から成る層と、薄い透明な高屈折率で導電性を有する材料から成る層、例えばインディウム錫酸化物（ITO：indium tin oxide）、カドミウム錫酸塩、あるいは錫アンチモン酸化物から成る層とから構成され、光学基材の表面から順に低屈折率の材料から成る層、薄い透明な高屈折率で導電性を有する材料から成る層が被着されて成るものである。また、上記

導電性材料から成る層は、1.0nmから30.0nmの光学厚さを有しており、また、上記低屈折率材料から成る層は、上記導電性材料から成る層が劣化しないように、導電性材料から成る層の厚さに応じた厚さを有する。

【0005】上記反射防止膜Aは、一方が低い屈折率でもう一方が高い屈折率である2層膜にて、電氣的に直接接続できCRTやコピー機械等に最適な導電性のある反射防止膜を提供する。

【0006】また、米国特許第4732454号に開示された2層膜で構成される反射防止膜（以下、反射防止膜B）は、透明なプラスチックから成る基板と、堅くてかつ引っかき傷に耐性であって上記基板に被着される第1の層と、上記第1の層に密着するとともに酸素原子存在下及び150℃以下における高周波放電によるスパッタ法あるいは真空蒸着法で構成される導電性材料から成る第2の層と、上記第2の層に密着するとともに上記第2の層の屈折率より低い屈折率を有する第3の層とから成り、上記第2の層はITOを含むものである。

【0007】上記反射防止膜Bは、光を伝搬できるとともに、プラスチックの保護層に被着させてCRTのフィルタからの電磁波のフィルタとして最適な反射防止膜を提供する。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、前記反射防止膜Aは、導電性が低いこと及び広い周波数帯域にわたり低い反射防止率が問題となり、この点の改善が望まれている。

【0009】また、前記反射防止膜Bにおいても、上記反射防止膜と同様に、広い周波数帯域にわたり低い反射防止率が問題となり、この点の改善が望まれている。

【0010】ここで、導電性が低いと、例えば反射防止膜をCRT用パネル上に装着した場合には静電気の防止やCRTパネルからの電磁波の出力防止に対する効力が少ない。

【0011】そこで、本発明は、上述した実情に鑑みてなされたものであり、導電性が高く、広い周波数帯域においても反射防止率が高い反射防止膜を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明に係る反射防止膜は、支持層に被着される反射防止膜において、上記支持層に近い方から第1の層と第2の層の2つの隣り合う層から構成され、上記第1の層は光を吸収する材料から成り、上記第2の層は屈折率が1.4乃至1.5である材料から成るとともに、任意に選出した2つの波長の短波長側を波長 $\lambda_v$ 、長波長側を波長 $\lambda_r$ とし、上記第1の層の波長 $\lambda_v$ における屈折率を $n_v$ 、消衰係数を $k_v$ とし、上記波長 $\lambda_r$ における屈折率を屈折率 $n_r$ 、消衰係数を $k_r$ とし、上記波長 $\lambda_v$ に対する上記波長 $\lambda_r$ の比

を $r$ とすると、 $n_r$ 及び $k_r$ は、以下の関係を満たすことを特徴とする反射防止膜。

$$【0013】 n_{re} - 1 < n_r < n_{re} + 1$$

$$k_{re} - 1 < k_r < k_{re} + 1$$

但し、 $n_{re}$ 及び $k_{re}$ は、上記 $r$ の値に依存するとともに、 $n_{re} = f(n_r, k_r, r)$ あるいは $k_{re} = g(n_r, k_r, r)$ の関係を近似して得られる値である。

【0014】上記反射防止膜の特徴は、消衰係数 $k$ が0でなく光を吸収する材料を用いて反射防止特性を有していることと、これにより波長領域における光学特性が広がることを挙げられる。

【0015】また、本発明に係る反射防止膜は、支持層に被着される反射防止膜において、偶数の層から成り、上記支持層に近い方から第1の層、第2の層…とする、奇数番目の層は、光を吸収する材料から構成され、偶数番目の層は、屈折率が1.4乃至1.5である材料から構成されるとともに、任意に選出した2つの波長の短波長側を波長 $\lambda_r$ 、長波長側を波長 $\lambda_r$ とし、上記奇数番目の層の波長 $\lambda_r$ における屈折率を $n_r$ 、消衰係数を $k_r$ とし、上記波長 $\lambda_r$ における屈折率を屈折率 $n_r$ 、消衰係数を $k_r$ とし、上記波長 $\lambda_r$ に対する上記波長 $\lambda_r$ の比を $r$ とすると、 $n_r$ 及び $k_r$ は、以下の関係を満たすことを特徴とする反射防止膜。

$$【0016】 n_{re} - 1 < n_r < n_{re} + 1$$

$$k_{re} - 1 < k_r < k_{re} + 1 \quad *$$

$$n_{re} - 1 < n_r < n_{re} + 1$$

$$k_{re} - 1 < k_r < k_{re} + 1$$

但し、 $n_{re}$ 及び $k_{re}$ は、上記 $r$ の値に依存するとともに、 $n_{re} = f(n_r, k_r, r)$ あるいは $k_{re} = g(n_r, k_r, r)$ の関係を近似して得られる値である。

【0021】上記 $n_{re} = f(n_r, k_r, r)$ あるいは $k_{re} = g(n_r, k_r, r)$ ※

$$n_{re} = -0.00642 n_r^2 + 1.66878 n_r + 0.02786 k_r^2 + 0.83206 k_r + 0.15426 r^2 - 0.85276 r - 0.01964 n_r k_r - 0.58109 n_r r - 0.93386 k_r r + 0.66289 \quad \dots (3)$$

$$k_{re} = 0.0496972 n_r^2 - 2.07664 n_r + 0.00896 k_r^2 + 1.3025 k_r - 3.44187 r^2 + 7.11118 r - 0.03678 n_r k_r + 1.95241 n_r r - 0.22876 k_r r - 3.69482 \quad \dots (4)$$

上記反射防止膜は、光学基材表面に直接被着して当該光学基材表面からの反射光量を低減するとともに、上記光学基材表面上で導電性を有するものである。また、例えばポリエチレンテレフタレート (polyethylene terephthalate: PET) で構成される可撓性を有する支持層に被着させて、この支持層を陰極線管いわゆるCRT (cathode-ray tube) を用いた表示装置の画面表面に被着させる、あるいは直接上記表示装置の画面表面に被着させて、上記画面表面からの眩しい光を抑えたり、電磁波の放出や静電気を最小に抑えるものである。また、2つの薄膜層で済むため、容積もとらず低価格で供給することが可能になる。

【0023】また、本発明は2つの特徴を有しており、消衰係数 $k$ が0でなく光を吸収する材料を用いて反射防止特性を有していることと、これにより波長領域にお

\*但し、 $n_{re}$ 及び $k_{re}$ は、上記 $r$ の値に依存するとともに、 $n_{re} = f(n_r, k_r, r)$ あるいは $k_{re} = g(n_r, k_r, r)$ の関係を近似して得られる値である。

【0017】上記反射防止膜の特徴は、消衰係数 $k$ が0でなく光を吸収する材料を用いて反射防止特性を有していることと、これにより波長領域における光学特性が広がることを挙げられる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る反射防止膜が適用されて好ましい具体例について、図面を参照しながら説明する。

【0019】上記反射防止膜は、図1に示すように、支持層11に被着される反射防止膜において、支持層11に近い方から第1の層1と第2の層2の2つの隣り合う層から構成され、第1の層1は光を吸収する材料から成り、第2の層2は屈折率が1.4乃至1.5である材料から成るとともに、任意に選出した2つの波長の短波長側を波長 $\lambda_r$ 、長波長側を波長 $\lambda_r$ とし、第1の層1の波長 $\lambda_r$ における屈折率を $n_r$ 、消衰係数を $k_r$ とし、上記波長 $\lambda_r$ における屈折率を屈折率 $n_r$ 、消衰係数を $k_r$ とし、上記波長 $\lambda_r$ に対する上記波長 $\lambda_r$ の比 $\lambda_r / \lambda_r$ を $r$ とすると、 $n_r$ 及び $k_r$ は、以下の(1)式及び(2)式を満たすものである。

【0020】

$$\dots (1)$$

$$\dots (2)$$

※ $r$ の関係を近似する近似式は、以下の(3)式、(4)式で示される。

【0022】

る光学特性が広がり、従来の多層膜と比較してより少ない層の膜構成で広い波長領域の反射防止膜の実現が可能となることを挙げられる。

【0024】ここで、図1に示すように、例えば上記可撓性を有する支持層を支持層11とし、上記反射防止膜を構成する層で上記支持層11より近い方から第1の層1、第2の層2とする。

【0025】上記第1の層1を選択する条件として、安価であること、光学基材表面に対して密着性が高いこと、耐久性が高いこと、ストレスが低いこと、最適な屈折率 $n$ や消衰係数 $k$ といった光学特性が得られるように調整可能であることが挙げられる。また、上記第2の層2を選択する条件として、安価であること、屈折率が低いこと、ストレスが低いこと、堅いこと、耐久性が高いことが挙げられる。

【0026】そこで、本実施形態の原理として、最適な光学特性について、アドミッタンスダイアグラム (admittance diagram) の原理を用いて説明する。

【0027】光学アドミッタンスは、一般に複素数で与えられる。また、単位を工夫することで、実部は光を通過させる空間あるいは物質の屈折率  $n$  と等しく、虚部は上記空間あるいは物質の消衰係数と等しい値となる。

【0028】また、各アドミッタンスを表す点は、後述するアドミッタンスダイアグラムに従い、用いる物質に特徴的であるとともに光を通過させる際の物質の厚さに依存する。

【0029】例えば、後述する  $TiNx$  及び  $SiO_2$  のアドミッタンスダイアグラムを図2に示す。なお、 $TiNx$  の波長  $\lambda = 450\text{ nm}$  のときの屈折率を  $n_1$ 、消衰係数を  $k_1$  とし、波長  $\lambda = 650\text{ nm}$  のときの屈折率を  $n_2$ 、消衰係数を  $k_2$  としており、 $C(1.52, 0)$  は、ガラスの光学アドミッタンス (屈折率) を、 $(1, 0)$  は空気の光学アドミッタンス (屈折率) を表している。また、曲線23と曲線21との交点を点A、曲線23と曲線22との交点を点Bとしている。

【0030】上記  $TiNx$  のアドミッタンスダイアグラムにおいて、波長  $\lambda = 450\text{ nm}$  の場合、点  $(-n_1, k_1)$  と点  $(n_1, -k_1)$  と上記所定の点  $C(1.52, 0)$  とを通過する略円弧状の曲線21が上記アドミッタンスダイアグラムである。また、同様に波長  $\lambda = 650\text{ nm}$  の場合、点  $(-n_2, k_2)$  と点  $(n_2, -k_2)$  と上記所定の点  $C(1.52, 0)$  とを通過する略円弧状の曲線22が上記アドミッタンスダイアグラムである。

【0031】また、 $SiO_2$  のアドミッタンスダイアグラムは、曲線23として得られる。この曲線23は、 $((1.46^2 + 1)/2, 0) = (1.56, 0)$  を中心とする円である。

【0032】図2によれば、2層膜を形成する場合のアドミッタンスの軌跡は、曲線21、22、23を組み合わせて作成することができ、例えば  $TiNx$  及び  $SiO_2$  から成る2層膜の合成アドミッタンスの軌跡は、実軸上の所定の点  $C(1.52, 0)$  を出発し、 $\lambda = 450\text{ nm}$  では点A、 $\lambda = 650\text{ nm}$  では点Bを経由して、曲線23すなわち  $SiO_2$  の光学アドミッタンスの軌跡に沿って  $(1, 0)$  の近傍まで近づく。

【0033】ここで、従来において用いられている多層の反射防止膜の一例として、ガラス基板/ $TiO_2$ / $SiO_2$ / $TiO_2$ / $SiO_2$ /空気の4層から成るものについて、上記アドミッタンスダイアグラムを用いて説明する。

【0034】ここで、上記4層の反射防止膜の設計波長  $\lambda_0$  におけるアドミッタンスダイアグラムを図3に示す。

【0035】ガラス基板から近い方から第1の層、第2

の層…とすると、第1の層の  $TiO_2$  が寄与する曲線はガラス基板の屈折率である  $(1.52, 0)$  から立ち上がり設計波長  $\lambda_0$  が感じる膜厚に至る点  $s$  までの軌跡111で表され、第2の層の  $SiO_2$  が寄与する曲線は上記点  $s$  から上記曲線23に沿って進み  $k=0$  のところまでの軌跡112で表され、第3の層の  $TiO_2$  が寄与する曲線は上記点  $t$  から点  $t$  まで戻る円を描く軌跡113で表され、第4の層の  $SiO_2$  が寄与する曲線は上記点  $t$  から上記曲線23に沿って空気の屈折率である  $(1, 0)$  までの点  $u$  までの軌跡114で表される。

【0036】従って、上記4層の反射防止膜のアドミッタンスダイアグラムは、軌跡111、112、113、114を繋げた曲線となる。また、各軌跡長は、入射光が感じる膜厚いわゆる光学膜厚が大きい程と大きくなる値である。

【0037】また、図3によれば、上記4層で構成される反射防止膜に設計波長  $\lambda_0$  の光が入射すると、この4層膜の合成アドミッタンスすなわち見かけ上の屈折率は1となる。これは、空気の屈折率に相当し、反射率が理論上0になることになる。

【0038】また、入射光の波長が上記設計波長  $\lambda_0$  ではない場合を図4に示す。

【0039】図4において、入射光の波長が上記設計波長  $\lambda_0$  よりも長い波長  $\lambda$  である場合のアドミッタンスダイアグラムが示されている。

【0040】図4によれば、各層の膜で上記入射光の光学膜厚が上記設計波長  $\lambda_0$  に比べて小さくなるため、各軌跡121乃至124の軌跡長は、対応する上記各軌跡111乃至114の軌跡長に比べて小さくなる。

【0041】しかし、4層重ねて膜を形成させる効果として、各層に対する光学膜厚の変化が相殺されて、図3と同様に、4番目の軌跡である軌跡124の終点は  $(1, 0)$  である。すなわち、上記波長  $\lambda$  (但し  $\lambda > \lambda_0$ ) における上記4層膜の合成アドミッタンスは1となる。

【0042】また、入射光の波長  $\lambda$  が上記設計波長  $\lambda_0$  よりも短い場合も同様に、上記4層膜のこの波長に対する合成アドミッタンスは1となる。

【0043】以上のことから、設計波長  $\lambda$  で合成アドミッタンスが1となるように設計された4層膜は、広い波長で高い反射防止率を示す。

【0044】また、ここで、一般的な2層膜の合成アドミッタンスについて説明する。

【0045】図5に、従来において用いられている反射防止膜として、第1の層が  $TiO_2$  第2の層が  $SiO_2$  である2層膜 (以下  $(TiO_2 - SiO_2)$  膜という) のアドミッタンスダイアグラムを示す。

【0046】図5において、外側から順に入射する可視光の波長  $\lambda$  が  $450\text{ nm}$ 、 $550\text{ nm}$ 、 $650\text{ nm}$  のときのダイアグラムが示されている。

【0047】また、例えば波長 $\lambda=450\text{nm}$ のとき、  
(1.52, 0) 付近から始まり、1時の方向にある点  
aまでは光が $\text{TiO}_2$ を通過する際のアドミッタンスの  
軌跡を示し、点aから4時の方向にある点a'までの略  
円弧状の軌跡については $\text{SiO}_2$ を通過する際のアドミ  
ッタンスの軌跡を示している。また、波長 $\lambda=550\text{nm}$   
の場合は、同様に出発から点bまでは $\text{TiO}_2$ を、点  
bから点b'までは $\text{SiO}_2$ を通過する際のアドミッタ  
ンスの軌跡であり、さらに、波長 $\lambda=650\text{nm}$ の場合は、  
出発から点cまでは $\text{TiO}_2$ を、点cから点c'までは  
 $\text{SiO}_2$ を通過する際のアドミッタンスの軌跡を示して  
いる。

【0048】図5によれば、第1の膜と第2の膜とを通  
過する際のアドミッタンスの軌跡の軌跡長が入射する光  
の波長 $\lambda$ に応じて異なるため、各軌跡の終点である点a'  
、点b'、点c'のアドミッタンスダイアグラム上の  
座標が一定でないことがわかる。

【0049】このことは、入射させる光の波長が変化す  
ると、( $\text{TiO}_2-\text{SiO}_2$ )膜の合成屈折率は変化す  
ると言える。すなわち、 $450\text{nm}$ から $650\text{nm}$ まで  
の可視領域の波長を有する光を入射すると、波長に応じ  
て反射光が存在するとともに、その光量が変化すると予  
測される。

【0050】そこで、この入射光の波長 $\lambda$ と上記( $\text{TiO}_2-\text{SiO}_2$ )膜の反射率との関係を図6に示す。

【0051】図6において、上記波長 $\lambda$ と反射率との関  
係は曲線110で示される。この曲線110は、設計波  
長 $\lambda_0$ のとき反射率が0となる下に凸の放物線の形状を  
有する曲線である。また、入射光の波長 $\lambda$ と反射率との  
関係が上記曲線110に示すような軌跡を描く反射防止  
膜は、この曲線の形状から一般にVコートと呼ばれる。

【0052】図6によれば、設計波長 $\lambda_0$ が上記( $\text{TiO}_2-\text{SiO}_2$ )膜に入射すると、反射率が0となる  
が、任意の波長 $\lambda$ ( $\lambda$ が $\lambda_0$ でない)が入射すると、反  
射率が0ではなくなる。

【0053】すなわち、従来の2層膜で形成される反射  
防止膜では、広い範囲の波長の光の反射を防止するこ  
とが困難であり、改善が望まれる。

【0054】そこで、本発明の反射防止膜として、上記  
第1の層に光を吸収する薄膜を用い、第2の膜が $\text{SiO}_2$   
から構成される例を挙げ、この2層膜で構成される反  
射防止膜のアドミッタンスダイアグラムを図7に示す。

【0055】上記第1の層は、入射する光の波長 $\lambda$ に応  
じて異なる吸光度を示し、図4に示すように、波長 $\lambda=450\text{nm}$ のときは点dまで、波長 $\lambda=550\text{nm}$ の  
ときは点eまで、波長 $\lambda=650\text{nm}$ のときは点fまでそ  
れぞれアドミッタンスは異なる軌跡を描く。なお、点  
d、点e、点fはそれぞれ異なる位置に存在するととも  
に、第1の層に用いる物質、第1の層の厚さ等の第1の  
層の物性や第1の層に入射する光の波長に応じて変化す

る点である。

【0056】また、点d、点e、点fの各点から点gま  
では、 $\text{SiO}_2$ 層のアドミッタンスの軌跡を示す。な  
お、点gは(1, 0)であり、このことは、上記( $\text{ITO}/\text{Au}-\text{SiO}_2$ )反射防止膜は、少なくとも可視光  
領域の範囲のどの波長を有する光が入射されても、合成  
屈折率が1すなわち反射を完全に防止していることがわ  
かる。

【0057】このように、第1の層を光を吸収する層と  
して、この第1の層の物性を第2の層のアドミッタンス  
ダイアグラムに基づいて決定することで、第1の層と第  
2の層の2層のみで形成され、可視光領域の光の反射を  
完全に防止する反射防止膜が実現される。

【0058】ここで、上記第1の層は導電性の材料例え  
ばITO(インディウム錫酸化物: indium tin oxide)  
が60%、金(Au)が40%から構成される薄膜が挙  
げられる。

【0059】また、上記第1の層は、チタンの窒化物  
( $\text{TiNx}$ )、ジルコニウムの窒化物( $\text{ZrNx}$ )、チ  
タンの窒化物とジルコニウムの窒化物との混合物の少な  
くとも1つで構成されることが挙げられる。

【0060】また、第1の層は、チタンの酸窒化物( $\text{TiNxOy}$ )、ジルコニウムの酸窒化物( $\text{ZrNxOy}$ )、  
チタンの酸窒化物及びジルコニウムの酸窒化物の混合物  
の少なくとも1つから構成されてもよい。

【0061】ここで、図7に示したようなアドミッタ  
ンスダイアグラムを形成するすなわち広域において反射防  
止特性を示す材料の条件として、第1の層の光学特性が  
以下の式を満たすものであることが挙げられる。なお、  
第2の層として、 $\text{SiO}_2$ 層が用いられ、また、基板に  
はガラスが用いられている。

$$\begin{aligned} \text{【0062】 } n_r &= n_v - \alpha, \text{ 但し } \alpha > 0 \\ k_r &= k_v + \beta, \text{ 但し } \beta > 0 \end{aligned}$$

ここで、 $n_v$ は任意に選出したある範囲の短波長側の光  
に対する第1の層の屈折率であり、 $n_r$ は長波長側に対  
する屈折率である。また、 $k_v$ は上記短波長側に光に対  
する上記第1の層の消衰係数であり、 $k_r$ は上記長波長  
側に対する消衰係数である。

【0063】なお、コンピュータシミュレーションを用  
いたランダムな計算によると、短波長側の波長 $\lambda_v$ が  
 $405\text{nm}$ 、長波長側の波長 $\lambda_r$ が $633\text{nm}$ の視野域に  
おいて、 $\alpha$ 、 $\beta$ ともに0.4以上であることがわかる。

【0064】ここで、上記アドミッタンスダイアグラム  
を求める方法について説明する。

【0065】まず、多層膜において、各層の効果は以下  
の(5)式で表される。

【0066】

【数1】



$$\begin{pmatrix} \cos \delta & (i \sin \delta)/y \\ iy \sin \delta & \cos \delta \end{pmatrix}$$

但し

$$\delta = 2\pi N d \sin(\theta/\lambda) \quad \dots(5)$$

【0067】(5)式において、Nは各層の複素屈折率であり、この各層の屈折率をn、消衰係数をkとすると、 $N = n - ik$ と表される。すなわち、光学アドミッタ

$$\begin{pmatrix} B \\ C \end{pmatrix} = \left( \prod_{h=1}^q \begin{pmatrix} \cos \delta_h & (i \sin \delta_h)/y_h \\ iy_h \sin \delta_h & \cos \delta_h \end{pmatrix} \right) \begin{pmatrix} 1 \\ y_m \end{pmatrix} \quad \dots(6)$$

但し  $y_m$  は基板のアドミッタンス

【0070】(6)式において、 $y_m$  は基板のアドミッタンスである。また、合成光学アドミッタンス、または合成アドミッタンスYは、 $Y = C/B$ で求められる。

【0071】以上のことを考慮して、2層膜の合成アドミッタンスを求める。

$$\begin{pmatrix} B \\ C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \delta_2 & i \sin \delta_2 / y_2 \\ iy_2 \sin \delta_2 & \cos \delta_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \delta_1 & i \sin \delta_1 / y_1 \\ iy_1 \sin \delta_1 & \cos \delta_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ y_m \end{pmatrix} \quad \dots(7)$$

【0074】(7)式において、 $\theta = 0$ としている。また、第2の層の複素屈折率 $N_2$ は、 $n_2 = 1.46$ であり、これは $y_2$ に相当する。また、第1の層の複素屈折率 $N_1$ は、 $n_1 - ik_1$ で表され、これは $y_1$ に相当する。また、 $y_m$ は1.52である。

【0075】ここで、(7)式において、短波長側の入★

$$Y(d_1, d_2) = C_2/B_2 = 1$$

ここで、 $d_1$ 、 $d_2$ が第1の層及び第2の層の膜厚であり、 $(C_2, B_2)$ は $C = C_2$ 、 $B = B_2$ を(7)式に代入して成立する値である。また、第1の層の $\delta_1$ 及び☆

$$\delta_1 = 2\pi y_1 d_1 / \lambda$$

$$\delta_2 = 2\pi y_2 d_2 / \lambda$$

また、ここで、短波長例えば $\lambda_v = 450 \text{ nm}$ に対して第1の層及び第2の層の光学アドミッタンス $y_1$ 、 $y_2$ が与えられると、 $d_1$ 、 $d_2$ は一義的に決まる。

【0079】この一義的に決められた $d_1$ 、 $d_2$ を用いて、波長 $\lambda$ として例えば633nmとして、上記(7)式と、(8)式とを満足するように解くと、波長 $\lambda = 633 \text{ nm}$ に対する第1の層のnとkとが求められる。

【0080】以上ような計算をn<sub>v</sub>が1~3、k<sub>v</sub>が0

\* タンスyに相当する値である。また、 $\theta$ は入射角であり、例えば垂直入射の場合 $\theta = 0$ となる。また、dは膜厚を表す。

【0068】ここで、(5)式を用いて多層膜全体の合成アドミッタンスを得るために、以下の(6)式で示される計算がなされる。

【0069】

【数2】

※【0072】先ず、ベクトル(B, C)を求める式は、以下の(7)式に示される。

【0073】

【数3】

★射波長 $\lambda_v$ において反射率が0となる膜厚を誘導する。図1において、各層の膜厚は、 $d_1$ 、 $d_2$ と定義される。

【0076】反射率が0となる条件は、(8)式で示される。

【0077】

$$\dots(8)$$

30☆第2の層の $\delta_2$ は、以下の(9)式及び(10)式にて表される。

【0078】

$$\dots(9)$$

$$\dots(10)$$

~4、 $\lambda_v$ が546nmとして、 $\lambda_r$ が633、863.44、955.5nmのときの $n_r$ 、 $k_r$ について求めたのが以下の表である。短波長側の波長 $\lambda_v$ に対する長波長側の波長 $\lambda_r$ の比 $r (= \lambda_r / \lambda_v)$ は、それぞれ1.159、1.581、1.75である。

【0081】

【表1】

13				14					
$\lambda=546\text{nm}$				$\lambda=633\text{nm}$		$\lambda=863.44\text{nm}$		$\lambda=955.5\text{nm}$	
$\gamma$				$\gamma=1.1593$		$\gamma=1.5814$		$\gamma=1.75$	
$n_v$	$k_v$	$d_1$	$d_2$	$n_r$	$k_r$	$n_r$	$k_r$	$n_r$	$k_r$
1	0	41.843	34.248	No Solution					
1	1	17.42	66.1	0.494	1.089				
1	2	7.808	68.837	0.424	2.26				
1	3	4.297	67.51	0.329	3.325				
1	4	2.665	65.88	0.217	4.378				
2	0	29.833	116.71	1.994	0.352	1.3385	0.939	1.015	1.023
2	1	13.3	91.44	1.52	1.395	0.36	1.912	0.0324	2.05
2	2	6.395	84.46	1.315	2.494	0	3.1391	No Solution	
2	3	3.75	79.64	1.175	3.545	No Solution		No Solution	
2	4	2.429	75.983	1.051	4.583	No Solution		No Solution	
3	0	7.3069	127.88	3.05	0.868	1.955	2.599	1.43	2.972
3	1	6.285	107.76	2.588	1.892	1.068	3.14	0.5818	3.3864
3	2	4.316	96.47	2.283	2.8815	0.567	3.975	0.075	4.201
3	3	2.9296	89.4	2.077	3.875	0.188	4.93	No Solution	
3	4	2.055	84.39	1.914	4.874	No Solution		No Solution	

【0082】また、 $n_r$ 、 $k_r$ の各値は、波長 $\lambda_r$ ではなく、 $r$ の値で決まる。例えば、 $r=1.75$ として、上記表では、波長 $\lambda_v=546\text{nm}$ 、波長 $\lambda_r=955.5\text{nm}$ である例が示されているが、波長 $\lambda_v=400\text{nm}$ 、波長 $\lambda_r=700\text{nm}$ であっても( $n_r$ 、 $k_r$ )の値は同じである。但し、膜厚 $d_1$ 、 $d_2$ は波長 $\lambda_v$ に比例する。

【0083】また、 $\lambda_r/\lambda_v=633\text{nm}/546\text{nm}=1.159$ での $n_r$ の変化を図8に、また、 $k_r$ の変化を図9にそれぞれ示す。

【0084】図8及び図9によれば、( $n_v$ 、 $k_v$ 、 $n_r$ )の関係及び( $n_v$ 、 $k_v$ 、 $k_r$ )の関係は略平面で\*

$$n_r = f(n_v, k_v, r)$$

$$k_r = g(n_v, k_v, r)$$

但し、 $r = \lambda_r/\lambda_v$ 、

また、(11)式及び(12)式の2次のオーダーでの※

$$n_r = m_1 n_v^2 + m_2 n_v + m_3 k_v^2 + m_4 k_v + m_5 r^2 + m_6 r + m_7 n_v k_v + m_8 n_v r + m_9 k_v r + m_{10} \quad \dots (13)$$

$$k_r = p_1 n_v^2 + p_2 n_v + p_3 k_v^2 + p_4 k_v + p_5 r^2 + p_6 r + p_7 n_v k_v + p_8 n_v r + p_9 k_v r + p_{10} \quad \dots (14)$$

(13)式及び(14)式のパラメータ $m_1 \sim m_{10}$ 及び $p_1 \sim p_{10}$ を上記表のデータを用いて最小2乗法で得ら★

$$n_r = -0.00642 n_v^2 + 1.66878 n_v + 0.02786 k_v^2 + 0.83206 k_v + 0.15426 r^2 - 0.85276 r - 0.01964 n_v k_v - 0.58109 n_v r - 0.93386 k_v r + 0.66289 \quad \dots (3)$$

$$k_r = 0.0496972 n_v^2 - 2.07664 n_v + 0.00896 k_v^2 + 1.3025 k_v - 3.44187 r^2 + 7.11118 r - 0.03678 n_v k_v + 1.95241 n_v r - 0.22876 k_v r - 3.69482 \quad \dots (4)$$

この近似解の誤差は、 $n_v=1 \sim 3$ 、 $k_v=0 \sim 4$ 、 $r=1 \sim 1.75$ の範囲で $n_r$ に対して0.3以下、 $k_r$ に対して0.4以下である。

【0091】ここで、以下の(15)式及び(16)式

\*あることが分かる。

【0085】そこで、上述の煩雑な計算をしなくてもこの平面を2次の近似で求めることで( $n_v$ 、 $k_v$ 、 $n_r$ )及び( $n_v$ 、 $k_v$ 、 $k_r$ )が得られると演算量の削減を図ることが可能になる。

【0086】ここで、3次、4次と近似は高次である程正確な平面が求められるのであるが、演算量を削減する目的とは離れてしまうため、2次の近似を行う。

【0087】ここで、求める $n_r$ 及び $k_r$ を以下の式で表す。

【0088】

$$\dots (11) \text{ 式}$$

$$\dots (12) \text{ 式}$$

※近似式は(13)式及び(14)式で与えられる。

【0089】

★れた式が、(3)式及び(4)式である。

【0090】

を満たしている値が真の $n_r$ 及び $k_r$ になるとして、

(15)式及び(16)式にて示される偏差分の $a$ の最適値を見積もる。

【0092】

$$\begin{aligned} n_{re} - a < n_r < n_{re} + a \\ k_{re} - a < k_r < k_{re} + a \end{aligned}$$

ここで、吸収膜として典型的な短波長側(450nm)における $n_r$ と $k_r$ との組合せを $(n_r, k_r) = (1, 0), (2, 0), (2, 1), (3, 0), (3, 1), (3, 2)$ の6通りについて、これらの組合せ毎に膜厚を最適化し、長波長(650nm)側での $n_r$ と $k_r$ との値を(3)式及び(4)式より得られる値から $a$ だけ変化させたときの平均反射率を450nmから650nmの範囲で計算した。この計算結果より、6組の組合せの平均反射率の平均を求めた。

【0093】この結果、 $a=0.5$ のとき平均反射率は0.14%、 $a=1$ のとき平均反射率は0.26%が得られた。一般に反射率0.14%は大変に優れた反射防止膜であり、反射率0.26%は優れた反射防止膜であると考えられている。

【0094】また、図10に(3)式、(4)式を用いて求めた $n_r$ 及び $k_r$ の近似解と $r$ 値との関係を示す近似曲線と、(7)式、(8)式、(9)式及び(10)式を用いて求めた $n_r$ 及び $k_r$ の精密解と $r$ 値とをプロットしたものの一例を示す。

【0095】図10において、近似曲線104は長波長側での消衰係数 $k_r$ と短波長に対する長波長比 $r$ との関係を示す。また、この近似曲線104は、略精密解のプロットに沿っていることが分かる。

【0096】また、近似曲線105は、長波長側での屈折率 $n_r$ と上記比 $r$ との関係を示す。また、この近似曲線105は、近似曲線104と同様に、略精密解のプロットに沿っていることが分かる。

【0097】従って、図10によれば、(3)式、(4)式を用いて近似曲線を求めて、この近似曲線を用いて得られた任意の $r$ に対する $n_r$ 及び $k_r$ と、(7)式、(8)式、(9)式及び(10)式を用いて求めた任意の $r$ に対する $n_r$ 及び $k_r$ とは略等しいことが分かり、上記近似曲線は第1の層の光学特性を見積もるのに充分なものであることが分かる。また、十分に演算量の削減を図ることが可能である。

【0098】光学特性が(3)式及び(4)式を満足する材料として、導電性の材料例えばITO(インディウム錫酸化物: indium tin oxide)が60%、金(Au)が40%から構成される薄膜や、TiNx、ZrNx、(TiNx)と(ZrNx)との混合物、TiNxOy、ZrNxOy、(TiNxOy)と(ZrNxOy)との混合物等が挙げられる。

【0099】特に、ジルコニウム(Zr)を用いた材料は高い導電性を示し、また、耐久性が高い。

【0100】また、TiNx、ZrNx、(TiNx)と(ZrNx)との混合物、TiNxOy、ZrNxOy及び(TiNxOy)と(ZrNxOy)との混合物に、不純物例えばタングステンをドーピングさせると、光学特性

$$\dots (15)$$

$$\dots (16)$$

がさらに(3)式及び(4)式に近づく。

【0101】ここで、図11にTiNxにタングステンをドーピングした2層膜の反射防止特性すなわち波長に対する反射率を示す。また、上記2層膜の基板としてPETフィルムを用いている。

【0102】図11によれば、上記TiNxにタングステンをドーピングした2層膜は、略480nmから600nmまでの広域に亘る波長の光の反射を防止することが分かる。

【0103】すなわち、反射光は青が強調され、赤が減衰されることになる。このことは、この2層膜をCRTの反射防止膜として用いたとき、CRTディスプレイの反射光は、青あるいは紫を帯びた白になることが分かる。

【0104】図12に、上記TiNxにタングステンをドーピングした薄膜をPETフィルム上に形成する方法を模式化した図を示す。

【0105】ドーピング処理は、従来においてはターゲット材料とドーパント材料とを均一に混合して、この混合物をスパッタ処理することで行われていた。

【0106】そこで、本発明ではターゲット31と、基板フィルム33との間に例えば純粋な金属であるドーパント32を配置してロール34で基板フィルム33を巻き取りながらスパッタ処理することで、上記TiNxにタングステンをドーピングした薄膜をPETフィルム上に形成させている。

【0107】なお、ドーパント32はターゲット31には接していない。こうすることで、ドーパント32に電氣的にバイアスを掛けたり、ドーパント32を接地電位にしたり、ドーパント32を電氣的に移動させたりすることが可能になる。

【0108】さらに、ドーパントとして針金状やリボン状のものを用いることで高いボリュームの薄膜の形成が可能になる。

【0109】続いて、タングステンをドーピングする比率について説明する。

【0110】図13に、タングステン含有率(原子パーセント)と電気抵抗率(以下単に抵抗率という)及び後述するメリット因子との関係を示す。

【0111】図13において、抵抗率( $m\Omega \times cm$ )とタングステン含有率との関係は曲線102に示される。この曲線102は、タングステン含有率が0原子パーセントのとき最大をとり、タングステン含有率が0.5原子パーセントぐらいまで減少し、0.5から1.5原子パーセントまで略一定の値をとる。

【0112】この曲線102によれば、タングステンを全く含有しないよりは、タングステンを混合させた方が抵抗率が低い、すなわち導電性が高くなり、よい好まし

い反射防止膜を形成することが分かる。

【0113】また、メリット因子Mは、以下の(17)\*

$$M = (n_v - n_r) \times (k_r - k_v)$$

ここで、メリット因子Mとタングステン含有率との関係は曲線101で表される。この曲線101はタングステン含有率が0.5原子パーセントから0.8原子パーセントぐらいまで極大を示している。

【0115】一般に、このメリット因子Mが高いほど広域における反射特性が高い。従って、曲線101によれば、タングステン含有率が0.1から1.1原子パーセントとなるようにドーピング処理を行うと、このドーピング処理による効果が大きいことが分かる。タングステン含有率が、0.4から0.8原子パーセントとなるようにドーピング処理を施すことがより好ましい。

【0116】以上のように2層膜を構成することで、簡単な構成で広い周波数帯域において反射防止率が高い反射防止膜を示すため、装着する光学基材、例えばCRTの表面からの静電気の防止や電磁波出力防止に対する効※

$$n_{rc} - 1 < n_r < n_{rc} + 1$$

$$k_{rc} - 1 < k_r < k_{rc} + 1$$

上記 $n_{rc} = f(n_v, k_v, r)$ あるいは $k_{rc} = g(n_v, k_v, r)$ の関係を近似する近似式は、以下の(3)式、(4)式で示され ★

$$n_{rc} = -0.00642 n_v^2 + 1.66878 n_v + 0.02786 k_v^2 + 0.83206 k_v + 0.15426 r^2 - 0.85276 r - 0.01964 n_v k_v - 0.58109 n_v r - 0.93386 k_v r + 0.66289 \quad \dots (3)$$

$$k_{rc} = 0.0496972 n_v^2 - 2.07664 n_v + 0.00896 k_v^2 + 1.3025 k_v - 3.44187 r^2 + 7.11118 r - 0.03678 n_v k_v + 1.95241 n_v r - 0.22876 k_v r - 3.69482 \quad \dots (4)$$

なお、(3)式及び(4)式の導入は上述した通りである。

【0120】また、偶数番目の層すなわち第2の層43、第4の層45までは、SiO<sub>2</sub> 薄膜で構成される。 30

【0121】また、奇数番目の層すなわち第1の層42及び第3の層44の光学特性は上述した方法にて求められる。

【0122】ここで、上記第1の層42及び第3の層44は導電性の材料例えばITO（インディウム錫酸化物：indium tin oxide）が60%、金（Au）が40%から構成される薄膜が挙げられる。

【0123】また、第1の層42及び第3の層44は、チタンの窒化物（TiNx）、ジルコニウムの窒化物（ZrNx）、チタンの窒化物とジルコニウムの窒化物との混合物の少なくとも1つで構成されることが挙げられる。 40

【0124】また、第1の層42及び第3の層44は、チタンの酸窒化物（TiNxOy）、ジルコニウムの酸窒化物（ZrNxOy）、チタンの酸窒化物及びジルコニウムの酸窒化物の混合物の少なくとも1つから構成されてもよい。

【0125】また、上記奇数番目の層は、不純物含有のTiNx、不純物含有のTiNxOy、不純物含有のZrNx、不純物含有のZrNxOy、これら材料の混合物の 50

\* 式にて定義される。

【0114】

... (17)

※力が向上する。

【0117】また、本発明に係る反射防止膜は、図14において、支持層41に被着される反射防止膜において、偶数の層から成り、支持層41に近い方から第1の層42、第2の層43...とすると、奇数番目の層は、光を吸収する材料から構成され、偶数番目の層は、屈折率が1.4乃至1.5である材料から構成されるとともに、任意に選出した2つの波長の短波長側を波長 $\lambda_v$ 、長波長側を波長 $\lambda_r$ とし、上記奇数番目の層の波長 $\lambda_v$ における屈折率を $n_v$ 、消衰係数を $k_v$ とし、上記波長 $\lambda_r$ における屈折率を屈折率 $n_r$ 、消衰係数を $k_r$ とし、上記波長 $\lambda_v$ に対する上記波長 $\lambda_r$ の比 $\lambda_r / \lambda_v$ を $r$ とすると、 $n_r$ 及び $k_r$ は、以下の(1)式及び(2)式の関係を満たすことを特徴としている。

【0118】

... (1)

... (2)

★る。

【0119】

少なくとも1つで構成されてもよい。

【0126】ここで、図15に従来において用いられている4層膜（ガラス基板/TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>、以下従来の4層膜という）及び本発明の具体例としての4層膜（上記従来の4層膜の2つのTiO<sub>2</sub>に0.5原子パーセントのタングステンを含有させた4層膜、以下本具体例の4層膜という）の入射光の波長 $\lambda$ と反射率との関係を示す。

【0127】図15において、上記従来の4層膜における入射光の波長 $\lambda$ と反射率との関係は曲線51に示され、上記本具体例の4層膜における入射光の波長 $\lambda$ と反射率との関係は曲線52に示される。

【0128】また、上記本具体例の4層膜における入射光の波長 $\lambda$ と反射率との関係を理論的に求めたものを曲線53に示す。

【0129】図15によれば、従来の4層膜の吸収層にタングステンを含有させるだけで、従来の4層膜に比べて、広範囲の波長の光の反射率を抑えることが可能になる。

【0130】以上本発明に係る反射防止膜が適用される具体例について説明したが、これに限定されることなく、種々の変更が可能である。

【0131】例えば、2層膜においては第2の層、あるいは4層膜においては偶数番目の層にSiO<sub>2</sub>層を用い

た例を示したが、屈折率が1.4乃至1.5である材料を用いる範囲では本発明の効果を得ることができる。

【0132】また、CRTの表面の反射防止膜に本発明を用いた例を示したが、こちらもこれに限定されることはなく、カメラのレンズ、コピー機械のプラテン（原稿台）、機器用のカバーガラス等の光学基材表面に用いてもよい。

#### 【0133】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る反射防止膜によれば、2層という簡単な構成で、抵抗率が低いすなわち導電性が高く、広い周波数帯域において反射防止率が高い反射防止膜を提供することができ、装着する光学基材からの静電気の防止や電磁波出力防止に対する効力が向上する。

【0134】また、本発明に係る反射防止膜によれば、従来の4層で構成される反射防止膜よりも、抵抗率が低いすなわち導電性が高く、広い周波数帯域において反射防止率が高い反射防止膜を提供することができ、装着する光学基材からの静電気の防止や電磁波出力防止に対する効力が向上する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る反射防止膜の2層膜の具体例の構成を示す図である。

【図2】上記反射防止膜の第1の層の選出原理を説明するアドミッタンスダイアグラムの一例を示すグラフである。

【図3】多層膜の一例として4層膜の設計波長におけるアドミッタンスダイアグラムの一例を示すグラフである。

【図4】上記4層膜の設計波長以外の波長におけるアドミッタンスダイアグラムの一例を示すグラフである。

【図5】従来の（TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>）反射防止膜のアドミッタンスダイアグラムを示すグラフである。

【図6】上記（TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>）反射防止膜の入射光の波長と反射率との関係を示すグラフである。

【図7】本発明の一例としての2層で構成される（IT\*

\*O/Au-SiO<sub>2</sub>）反射防止膜のアドミッタンスダイアグラムを示すグラフである。

【図8】上記2層で構成される反射防止膜における短波長側の $n_r$ 、及び $k_r$ 、に対する長波長側の $n_r$ の値を示すグラフである。

【図9】上記2層で構成される反射防止膜における短波長側の $n_r$ 、及び $k_r$ 、に対する長波長側の $k_r$ の値を示すグラフである。

【図10】本発明の反射防止膜の第1の層に適用される材料が有する $n_r$ 、及び $k_r$ 、と入射光の短波長側に対する長波長側の比 $r$ との関係を示すグラフである。

【図11】上記反射防止膜の第1の層としてのTiNxにタングステンを含有させた際に得られる入射光の波長と反射率との関係を示すグラフである。

【図12】上記TiNxにタングステンを含有される一具体的方法を示す模式図である。

【図13】上記TiNxに含有されるタングステンの比率と、メリット因子及び抵抗率との関係を示すグラフである。

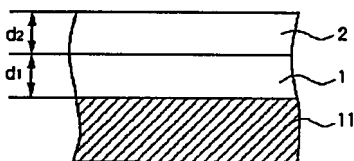
【図14】本発明に係る反射防止膜の4層膜の具体例を示す図である。

【図15】4層膜の具体例、4層膜の理論値、従来の4層膜における入射光の波長と反射率との関係を示すグラフである。

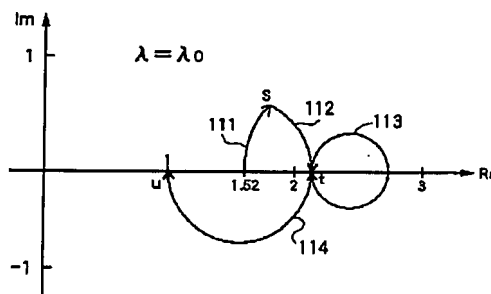
#### 【符号の説明】

- 1 第1の層
- 2 第2の層
- 11 支持層
- 31 ターゲット
- 32 ドーパント
- 33 基板フィルム
- 41 支持層
- 42 第1の層
- 43 第2の層
- 44 第3の層
- 45 第4の層

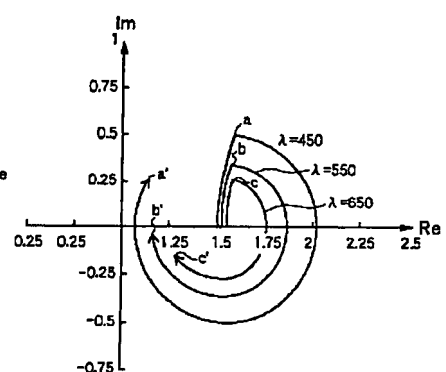
【図1】



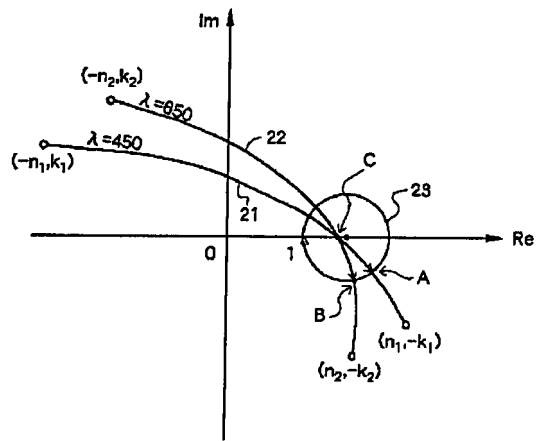
【図3】



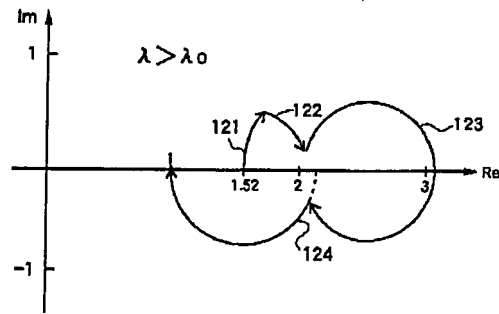
【図5】



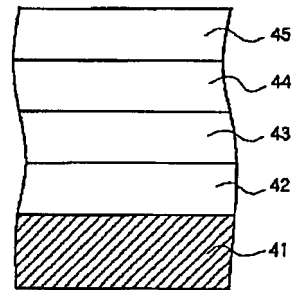
【図2】



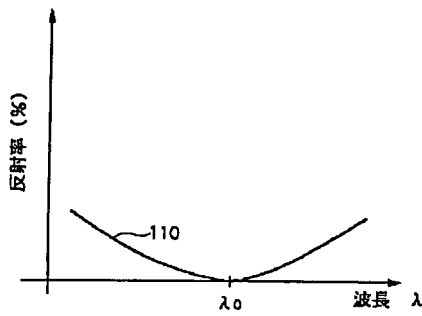
【図4】



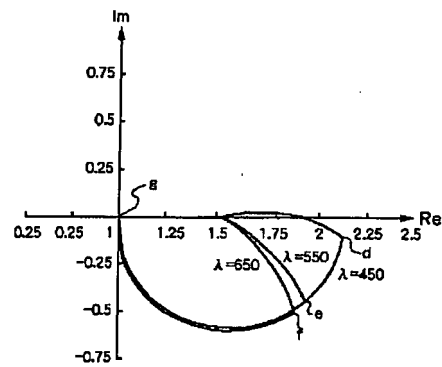
【図14】



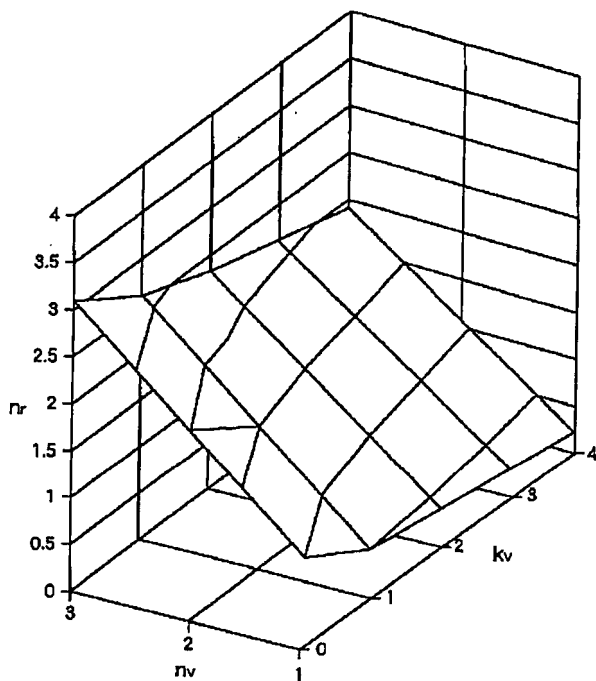
【図6】



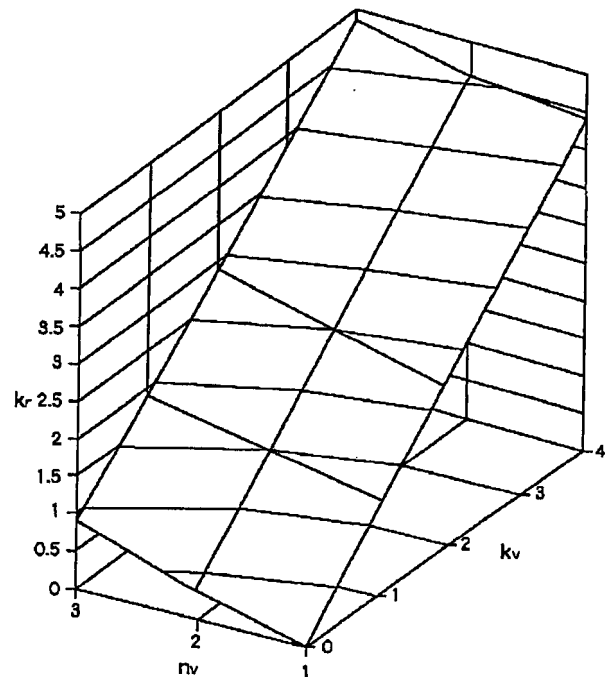
【図7】



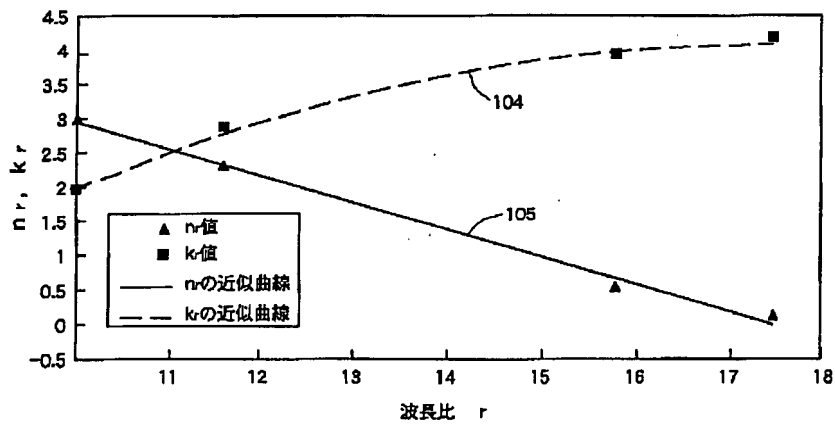
【図8】



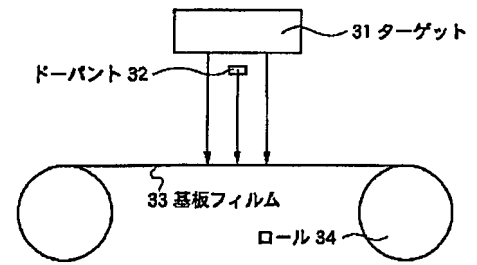
【図9】



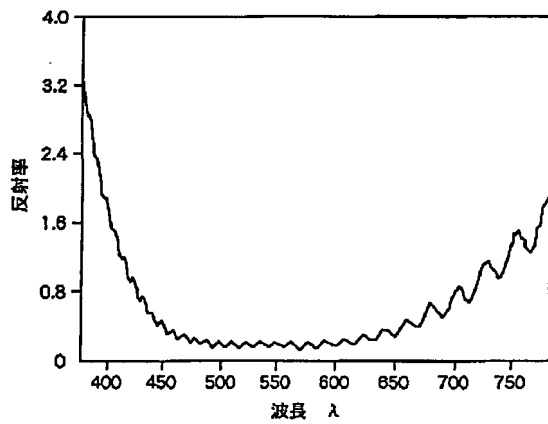
【図10】



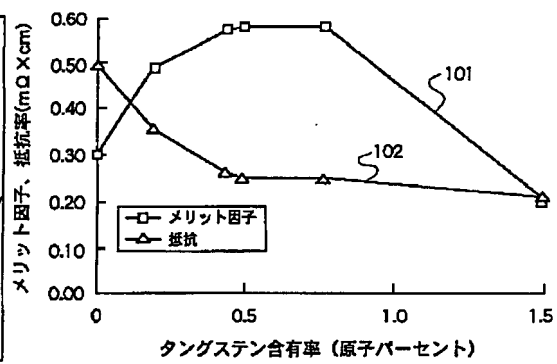
【図12】



【図11】



【図13】



【図15】

